

中国雾霾天气的现状与挑战

宋伟民
复旦大学公共卫生学院



宋伟民

雾霾是表示雾和霾复合词，既有雾又有霾。雾是由水滴和冰晶组成的气溶胶系统。能见度小于1000米，相对湿度在90%以上是由雾形成；能见度1000米以下，相对湿度80%~90%是由雾和霾共同形成，霾为主；能见度1000米以下，相对湿度80%以上是由霾形成。近年来我国雾霾天气越来越多见，而且霾日多于雾日。霾也称灰霾，是悬浮在大气中的微粒、烟粒和盐粒的集合体，使水平能见度降低到10公里以下的一种天气现象，也是一种过程性的大气污染。

进入21世纪以来，我国雾霾天气发生的频率和严重程度有增加的趋势。目前，我国已形成了九大霾区，其中最为严重的包括京津冀地区及其周边的山东、河南等地的华北霾区、长三角为主的华东霾区、珠三角为中心的华南霾区以及四川盆地的西南霾区。

灰霾天气的形成除了气象因素外，是由于大气污染物——主要是颗粒物——的大量排放造成的。当发生灰霾天气时，大气颗粒物浓度无论是 PM_{10} 还是 $PM_{2.5}$ 都较非霾天气时明显增加。基于2011年全国灰霾十点监测结果以及天津、上海、重庆、南京、苏州、宁波、深圳、广东、广州等监测站的监测结果，各城市发生灰霾天数占全年天数比例介于9.3%~53.4%之间。各试点城市 $PM_{2.5}$ 超标天数比例介于4.7%~27.7%。试点城市超标状况较为严重^[1]。2013年1月10~17日，我国中东部地区出现了大规模灰霾天气，其持续时间之长、覆盖范围之广、污染程度之重都属罕见。一条深褐色的“污染带”由东北往中部斜向穿越我国大部地区，其中污染点位最密集的在京津冀地区。根据环保部门的监测数据， $PM_{2.5}$ 的严重超标覆盖了从京津冀到长三角再到珠三角地区这样一个广阔的范围内，覆盖范围近270万平方公里，影响人口约6亿。中国环境监测总站网站1月12日公布的全国重点城市空气质量24小时均值显示，北京的可吸入颗粒物浓度为 $786 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，天津的可吸入颗粒物浓度为 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，石家庄的可吸入颗粒物浓度为 $960 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。空气质量指数为6级，属于严重污染。而在部分地区， $PM_{2.5}$ 的最高测试值甚至超过 $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

雾霾的发生，从根本上来讲是包括 $PM_{2.5}$ 污染在内的各类大气污染物相互作用并产生叠加效应而形成。造成灰霾的污染物来源除了日益增加的机动车尾气污染，还包括生活和工业燃煤。如2011年末以及2013年初的全国大范围灰霾天气都主要源于燃煤取

暖、工业燃煤、机动车尾气污染等因素，类似于历史上的伦敦烟雾事件。此外，我国农村的秸秆燃烧也是灰霾发生重要原因。

雾霾天气直接体现为能见度的下降，其对人类健康的影响主要与形成该种天气情况的主要污染物 $PM_{2.5}$ 有关，健康危害包括急性和慢性健康危害。比如，Huang等用广义相加模型(GAM)分析了上海市能见度空气质量和每日死亡率的关系，结果表明 $PM_{2.5}$ 与能见度呈正相关。能见度下降四分之一区间(即8 km)，导致2.17%总死亡(95%变异度0.46%~3.85%)、3.36%心血管病死亡(95%变异度0.96%~5.70%)、3.02%呼吸系统疾病死亡(95%变异度1.32%~7.17%)增加^[2]。Ge等对上海市能见度与入院率做的关联分析表明，能见度下降四分之一区间，相应的因病总入院率增加3.66%(95%变异度: 1.02%, 6.31%)、心血管病入院率增加4.06%(95%变异度: 0.84%, 7.27%)、呼吸系统疾病入院率增加4.32%(95%变异度: 1.67%, 6.97%)^[3]。

关于 $PM_{2.5}$ 对健康影响的急性效应的流行病学研究，有较多国内文献报道反映了这种效应的暴露反应关系。这种人群健康效应包括总死亡率、心血管疾病死亡率、呼吸系统疾病死亡率、总门诊率、心血管疾病门诊率、内科门诊率、总急诊率、心血管病急诊率、总入院率、心脑血管病入院率、呼吸系统疾病入院率、不良生殖结局发生率以及人群呼吸道症状、肺功能和免疫功能改变等。Chen等所进行的急性健康效应的流行病学研究，采用两阶段贝叶斯层次模型，定量评估了我国17个城市大气污染对居民日死亡率的影响。结果表明， $PM_{2.5}$ 每升高 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，居民总死亡率、心血管疾病死亡率和呼吸系统疾病死亡率分别增加0.40%(95%置信区间: 0.18%, 0.61%)、0.47%(95%置信区间: 0.23%, 0.72%)、0.46%(95%置信区间: 0.19%, 0.74%)^[4]。

雾霾引起的急性健康效应与人的易感性密切相关。人群易感性包括的范围较广，种族、遗传多态性、疾病状态、性别、年龄、生活习惯、营养状况等都属于其范畴。多项流行病学研究发现大气细颗粒物对高年龄人群、儿童及患有心肺疾病的人群影响更大^[5-7]，表明大气细颗粒物对易感人群的影响更为明显，而病理生理状态的不同是细颗粒物对心血管系统损伤差异的一个主要原因。世界上多起烟雾事件中(包括伦敦烟雾)的死亡人群主要是老年人和患有严重心肺疾病的人群。有研究表明黑人妇女、儿童、老人、心肺疾病患者、糖尿病以及免疫力低下的病人对大气颗粒物致损伤作用更加易感^[8-12]。此外，有研究发现，年龄、性别、社会经济地位(SES)、种族、疾病史等因素会影响个体对细颗粒物污染危害的易感性，亦即所谓修饰大气污染健康效应。

灰霾问题是中国工业化进程中面临的巨大挑战。我们需要研究和借鉴发达国家的经验和教训，并通过强化环保立法，完善法律制度来解决这一严峻的环境问题。要应对雾霾天气对人群健康的影响，关键是从源头上减少颗粒物，尤其是PM_{2.5}的污染。根据区域的环境容量确定各地区的能源消耗总量、产业功能定位、机动车总量等刚性指标，完善机动车污染防治制度和提高标准。与此同时，要实施多污染物协同控制，并强化多污染源的综合管理，开展区域联防联控，即加强协同、综合、联动一体化管理。开展大气污染源头调查，同时在此基础上开展长效性的大气质量预测预报工作。在应急方面，建立区域灰霾污染的预警和应急机制，制定高污染联动应急预案，落实城市应急减排措施。一旦预测到高污染日，立即启动应急方案，实施应急减排措施。此外，科研部门要开展区域雾霾天气的形成与健康影响的研究，深入分析雾霾天下颗粒物污染状况和人群健康影响关系，建立暴露反应关系，并开展雾霾天气下各种健康影响终点的预测预报研究，以避免和减少雾霾对人群健康的影响。

作者简介：宋伟民，复旦大学公共卫生学院环境卫生学教研室主任，教授，博士生导师。中华预防医学会环境卫生分会常务委员；上海预防医学会理事兼环境卫生专委会主任委员；上海市环境科学学会常务理事兼环境医学专委会主任委员；上海市环境诱变剂学会理事；上海市微量元素学会理事；《环境与职业医学》杂志副主编，《卫生研

究》杂志编委。主要从事环境污染健康影响研究。主持国家自然科学基金及国家863专项课题等多项重要研究项目。曾获得省部级科技进步二等奖5项，三等奖2项。此外还获得2000年吴阶平医学研究奖。主编《卫生学》。参与编写卫生部规划教材《环境卫生学》第4、5、6、7版和“十五”国家级规划教材《环境卫生学》、《现代环境卫生学》、《分子毒理学》和《毒理学原理和方法》等学术著作。E-mail: wmsong@shum.edu.cn。

参考文献

- [1] 中国环境监测总站. 2011. 灰霾试点监测报告[M]. 北京: 中国标准出版社.
- [2] Huang W, Tan J, Kan H, Zhao N, Song W, Song G, et al. 2009. Visibility, air quality and daily mortality in Shanghai, China. *Sci Total Environ* 407(10):3295-3300.
- [3] Ge W, Chen R, Song W, Kan H. 2011. Daily visibility and hospital admission in Shanghai, China. *Biomed Environ Sci* 24(2):117-121.
- [4] Chen R, Kan H, Chen B, et al. 2012. Association of particulate air pollution with daily mortality in the China Air Pollution and Health Effects Study (CAPEs). *Am J Epidemiol* 175(11):1173-1181.
- [5] Clougherty JE. 2010. A growing role for gender analysis in air pollution epidemiology. *Environ Health Perspect* 118(2):167-176.
- [6] Peled R. Air Pollution exposure: Who is high risk? 2011. *Atmos Environ* 45(10):1781-1785.
- [7] Zanobetti A, Schwartz J, Gold D. 2000. Are there sensitive subgroups for the effects of airborne particles. *Environ Health Perspect* 108(9):841-845.
- [8] Heinrich B, Hoelscher and Wichmann HE. 2000. Decline of ambient air pollution and respiratory symptoms in children. *Am J Respir Crit Care Med* 161(6): 1930-1936.
- [9] Hartog JJ, Hoek G, Peters A, et al. 2003. Effects of fine and ultrafine particles on cardiorespiratory symptoms in elderly subjects with coronary heart disease: the ULTRA study. *Am J Epidemiol* 157(7): 613-623.
- [10] Zanobetti A and Schwartz J. 2001. Are diabetics more susceptible to the health effects of airborne particles. *Am J Respir Crit Care Med* 164(5):831-833.
- [11] Pope CA and Kanner RE. 1993. Acute effects of PM₁₀ pollution on pulmonary function of smokers with mild to moderate chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 147(6 Pt 1):1336-1340.
- [12] Ito K and Thurston GD. 1996. Daily PM₁₀/mortality associations: an investigation of at-risk subpopulations. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 6(1):79-95.

FRESH BACTERIA CASSEROLE. MMMM.

REFRIGERATE LEFTOVERS PROMPTLY, AND KEEP THE FRIDGE AT 40°F OR BELOW TO SLOW BACTERIA GROWTH.

CHILL

COOK

SEPARATE

CLEAN

KEEP YOUR FAMILY SAFER FROM FOOD POISONING
Check your steps at FoodSafety.gov